

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE ZOOTECNIA**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL LOMO (*Longissimus dorsi*) DE
BÚFALAS DE AGUA MURRAH x MEDITERRÁNEO.**

**Proyecto de graduación para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería
Agronómica con énfasis en Zootecnia**

Nancy León Ulate

**Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
San José, Costa Rica**

Diciembre, 2010

TRIBUNAL EXAMINADOR

Proyecto de graduación presentado a la escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.

Ing. Carlos Arroyo Oquendo, M.Sc. _____
Director de la Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica.

Ing. Rodrigo Rosales Rodríguez, M.Sc. _____
Director del Proyecto de Graduación.
Profesor de la Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica.

Ing. Henry Soto Murillo, Ph.D. _____
Profesor de la Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica.

Licda. Eliana Mora Peraza _____
Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimento (CITA)
Universidad de Costa Rica.

Lic. Alejandro Chacón Villalobos _____
Profesor de la Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica.

Nancy León Ulate _____
Sustentante

***“El verdadero éxito consiste en poder dedicar
la vida al trabajo del que uno está enamorado”***

M.McCullough

AGRADECIMIENTOS

Primero a Dios que es la luz y guía de mi vida y que sin Él nada es posible.

A mis padres que siempre han estado a mi lado, por ser mi apoyo incondicional, por su amor y por todas las cosas que tuvieron que hacer para que yo me realice como profesional y tenga mayores oportunidades en un futuro.

A mi hermanita que es la princesa de mi corazón, que me da su amor y hoy es un gran orgullo en mi vida, por que llegó en un excelente momento para que me enseñara a ser su ejemplo.

A mis hermanos Ariel y Johan que siempre estuvieron presentes en mi vida y se preocuparon porque yo saliera adelante.

A mi novio Nelson que estuvo conmigo en este proceso, me ayudó a estudiar, trabajamos juntos, me abrazó cuando me sentí sola y especialmente por darme su corazón y su amor incondicional.

A mis compañeros que de una u otra forma fueron parte importante en el transcurso académico de mi carrera, el cariño en giras, el apoyo en los trabajos y la lucha conjunta por salir bien en los exámenes.

A todos los profes, pero en especial a aquellos de los cuales aprendí no solo lo académico, sino que también son un ejemplo profesional. Agradezco muy en especial al profe Rodrigo Rosales quien me presentó la posibilidad de realizar este proyecto e hizo todo lo humanamente posible porque saliera bien.

Por último y no menos importante, a Don Angelo Pluchino, dueño de la finca “El Porvenir”, quién donó la carne para la realización del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

Tribunal examinador	I
Agradecimientos	III
Índice General	IV
Índice de Cuadros	VII
Índice de Figuras.....	VIII
Índice de Anexos.....	IX
Resumen.....	X
1. Introducción	1
2. Marco Teórico	4
2.1. Propiedades físicas de la carne	4
2.1.1. Rendimiento de la canal	4
2.1.2. Textura	5
2.1.2.1. Suavidad	5
2.1.2.1.1. Factores <i>ante-mortem</i>	6
2.1.2.1.2. Factores <i>post-mortem</i>	7
2.1.2.2. Jugosidad	8
2.1.2.3. Métodos de medición de la dureza de la carne	9
2.1.2.3.1. Panel Sensorial	9
2.1.2.3.2. Fuerza de corte	10
2.2. Composición química de la carne	10
2.2.1. Contenido de humedad	11
2.2.2. Minerales	11
2.2.3. Grasa	12
2.2.4. Proteína	13
2.2.4. Energía	14
3. Objetivos... ..	16
3.1. General	16

3.2. Específicos	16
4. Materiales y Métodos	17
4.1. Procedencia de los animales	17
4.2. Manejo de los animales	17
4.1.1. Manejo <i>post-mortem</i>	17
4.3. Obtención del rendimiento de la canal (en caliente)	18
4.4. Procedimiento general	18
4.5. Preparación de las muestras a partir de carne cruda	19
4.6. Procedimiento para la medición de humedad mediante el método 950.46, A.O.A.C. (2006)	19
4.7. Procedimiento para la medición de cenizas mediante el método 920.153, A.O.A.C. (2006)	20
4.8. Procedimiento para la medición de proteína mediante el método 928.08, A.O.A.C. (2006).....	20
4.9. Procedimiento para la medición de grasa mediante el método 960.39, A.O.A.C. (2006)	21
4.10. Procedimiento para la medición de ácidos grasos por cromatografía de gases (Metcalf y Wang, 1981)	21
4.11. Procedimiento para determinar el contenido calórico.....	22
4.12. Procedimiento para medir la resistencia al corte.....	22
4.13. Procedimiento para realizar el panel sensorial.....	23
4.14. Análisis estadístico	24
5. Resultados y Discusión	25
5.1. Rendimiento en canal	25
5.2. Características químicas de la carne	26
5.2.1. Humedad	27
5.2.2. Proteína	28
5.2.3. Grasa	29
5.2.4. Proporción de ácidos grasos saturados e insaturados	30
5.2.5. Cenizas	30
5.2.6. Energía	31

5.3. Dureza por método instrumental y evaluación sensoriales de la carne	32
5.3.1. Evaluación instrumental de la dureza de la carne (fuerza de corte)	33
5.3.2. Calidad sensorial de la carne de acuerdo a la jugosidad y suavidad ...	35
6. Conclusiones y Recomendaciones	37
7. Literatura Citada.....	39
8. Anexos	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comparación en el contenido de minerales en mg por cada 100 gramos de carne de búfalos y vacunos. San José, Costa Rica, 2010	12
Cuadro 2. Resultados obtenidos de los análisis químicos realizados a la carne de búfalas de agua, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010	26
Cuadro 3. Valores medios obtenidos en las evaluaciones de fuerza de corte, jugosidad y suavidad de la carne de búfalas de agua, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010	33

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso de sacrificio de las búfalas de agua, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010..... **18**
- Figura 2.** Valores de la fuerza de corte de la carne de búfalas de agua, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010 **34**
- Figura 3.** Valores de jugosidad y suavidad de la carne de búfalas de agua, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010 **36**

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 8.1. Escala gráfica para la evaluación sensorial de la carne de búfalas de agua Murrah x Mediterráneo, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010	54
Anexo 8.2. Rendimiento en canal de la carne de búfalas de agua Murrah x Mediterráneo, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010	56
Anexo 8.3. Proporción de ácidos grasos saturados e insaturados de la carne de búfalas de agua Murrah x Mediterráneo, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010	57
Anexo 8.4. Resultados de los análisis químicos de la carne de búfalas de agua Murrah x Mediterráneo, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010	58
Anexo 8.5. Resultados de la dureza instrumental de la carne de búfalas de agua Murrah x Mediterráneo, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010	59
Anexo 8.6. Resultados de la jugosidad y la suavidad sensorial de la carne de búfalas de agua Murrah x Mediterráneo, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010	60

RESUMEN

Caracterización físico-química del lomo (*longissimus dorsi*) de búfalas de agua murray x mediterráneo. El objetivo de esta investigación fue cuantificar las características físico-químicas del lomo (*Longissimus dorsi*) de búfalas con edades entre 28 y 22 meses, provenientes de Dos Ríos de Upala ubicada a 10°53 norte; 85°04 Oeste; 500 m.s.n.m., con temperaturas de 20,5°C a 33,1°C y una precipitación anual de 2572 mm. Los animales fueron sacrificados en la planta de proceso de CoopeMontecillos R.L.; el estudio se realizó en la Universidad de Costa Rica, San José, durante el año 2010. Se tomaron los pesos vivos y en canal de 15 hembras para obtener el rendimiento en canal; a diez de ellas se les extrajo el lomo, de cada uno de éstos se tomaron muestras para realizar los análisis de humedad, proteína, cenizas, grasa, energía, proporción de ácidos grasos saturados e insaturados, fuerza de corte, jugosidad y suavidad. Los análisis químicos se realizaron utilizando la metodología de A.O.A.C para productos cárnicos y los estudios sensoriales se realizaron de acuerdo con lo recomendado por A.M.S.A. Los contenidos medios de humedad, proteína, grasa, cenizas y energía fueron $74,23 \pm 0,99\%$, $22,53 \pm 0,54\%$, $0,33 \pm 0,24\%$, $1,05 \pm 0,03\%$, $99 \pm 1,60 \text{ kcal}/100\text{g}$ respectivamente, los cuales resultaron positivos para evaluar nutritivamente la carne. La proporción de ácidos grasos saturados: insaturados fue de 51:49; mientras que la textura por método instrumental muestra que la carne se encuentra en el límite superior del intervalo de suavidad ($3,60 \pm 0,82 \text{ kg}/\text{cm}^2$) y el panel sensorial mostró valores medios, de acuerdo con la escala empleada para las características de suavidad ($53,85 \pm 14,61$; en una escala de 100 puntos) y de jugosidad ($51,92 \pm 10,95$; en una escala de 100 puntos).

Palabras clave: Calidad de carne, *Bubalus bubalis* sp., productos cárnicos, especies no tradicionales.

1. INTRODUCCIÓN

Con el pasar del tiempo se va produciendo un incremento en la población mundial y con éste se ha generado una mayor demanda de alimentos de excelente calidad nutricional, lo que provoca que profesionales como el zootecnista, incursionen en la búsqueda de fuentes alimentarias no tradicionales de proteína animal, la cual es uno de los componentes básicos de la nutrición humana (Torún *et al.* 1996). Por lo que se ha considerado de relevante importancia dar a conocer características nutricionales de productos cárnicos no tradicionales, como la carne de búfalos de agua criados en nuestro país.

Con la realización del proyecto se ha generado un interés en fomentar la producción de bufalinos para carne, mostrando la elevada calidad que pueden presentar los productos cárnicos provenientes de esta especie; que se caracteriza por presentar un alto potencial productivo (Paiva 2005), perfilándose como una alternativa de producción que puede ayudar a mejorar y a hacer más sostenible la ganadería a nivel nacional.

A lo largo del tiempo, el búfalo de agua ha sido considerado un animal de triple propósito (trabajo, leche y carne). Sin embargo, por tradición y por la fuerza que poseen estos animales, su principal uso ha sido trabajo; lo que ha provocado que los búfalos sean sacrificados al final de su vida productiva (más de 20 ó 25 años), lo que ha llevado a que se perciba, alrededor del mundo, que la carne de búfalo es de baja calidad (De Franciscis y Moran 1992; Moran 1992). Sin embargo, hay personas interesadas en defender la producción bufalina, tanto para carne, como para leche y proponen que un sacrificio de los animales a edades tempranas (menores a los tres años) producirá una carne tierna y apetecible (Huerta-Leidenz y Rodas-González 1999).

El búfalo de agua fue introducido a Costa Rica a inicios de 1975, la Junta de Administración Portuaria y Desarrollo de la Vertiente del Atlántico (JAPDEVA),

importó un hato de Trinidad y Tobago con el fin de introducir otra alternativa de producción para esta región (Rosales y WingChing-Jones 2006). A pesar de esto, no se le ha dado mayor importancia como animal productor de carne y leche de buena calidad, por lo que es necesario generar información al respecto tanto para el productor como para el consumidor¹.

Cabe mencionar que la población bufalina en el país ha venido incrementándose en los últimos años, debido al renovado interés en esta especie y a diferentes importaciones realizadas de búfalos procedentes de Guatemala (Rosales 2008). Otro aspecto que ha influenciado para que esta producción no tenga mayor auge, es la falta de pie de cría a nivel nacional, por lo cual se hace necesaria la importación de animales, incrementando los costos (Productores de Upala 2010)².

Estadísticas mundiales de la FAOSTAT (2009), reflejan claramente que el país líder en producción de búfalos es la India con 105.127.000 cabezas, que es muy superior a su actual seguidor Pakistán que posee 29 millones de cabezas. También cabe señalar que China es otro importante productor de carne de búfalos, además de ser una potencia en la producción de carnes de origen animal (FAOSTAT 2009).

A pesar de que la producción de carne de búfalos a nivel mundial es muy representativa, en Costa Rica esta producción no es significativa, sin embargo, como se mencionó anteriormente, ha surgido un interés para renovar esta producción, debido a la adaptación, rusticidad y mayor precocidad que presenta esta especie, en comparación al ganado bovino³.

^{1, 3} Rosales R.R. 2009. Bubalinocultura. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Comunicación personal.

² Productores de Upala. 2010 Producción de búfalos. Dos Ríos de Upala, Alajuela, Costa Rica. Comunicación personal.

Se destaca, que los búfalos son una especie productiva que atrae la atención de los productores, sin embargo, existe mucho desconocimiento sobre este tipo de actividad pecuaria; por lo que se ha generado una necesidad de producir datos específicos para estos animales a nivel nacional. En concordancia con lo anterior, el presente proyecto presenta información real sobre la calidad de la carne de búfalo, además pretende ser un impulso para que en un futuro próximo, exista un interés en realizar más investigaciones al respecto.

2. MARCO TEÓRICO

Actualmente en Costa Rica hay una carencia de estudios referentes a la calidad de la carne de búfalos producidos localmente, esto se puede deber al bajo nivel de producción que conlleva, a una falta de oportunidad y un desinterés en caracterizar el potencial de los derivados (en este caso la carne) proveniente de estos animales⁴.

Cabe mencionar que en este momento existe una tendencia del consumidor a alimentarse de manera saludable. La industria cárnica ha tenido que ir cambiando para adaptarse a las nuevas exigencias del consumidor, ya que éste desea carnes de buena calidad con la mínima cantidad de grasa a un precio razonable (Acevedo 2004).

2.1. Propiedades físicas de la carne

Existe un interés en determinar la calidad de la carne de búfalo, por lo cual, es necesario realizar una caracterización de la misma, con ello, poder determinar la utilidad económica para los comerciantes y el atractivo nutricional para los consumidores (Hoffman 1993). Con el fin de determinar lo mencionado anteriormente, se consideró importante conocer características tales como humedad, rendimiento y textura, entre otras.

2.1.1. Rendimiento de la canal

El rendimiento estimado de la canal y de los cortes comerciales es de vital importancia para complementar la evaluación del desempeño de los animales durante su desarrollo, por ser éste el principal parámetro de productividad (Jorge 1999).

⁴ Rosales R.R. 2009. Bubalinocultura. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Comunicación personal.

La canal de los animales de diferentes especies se encuentra bajo influencia directa de los pesos de la cabeza, la piel y el tracto gastrointestinal. Los búfalos presentan menores rendimientos que los vacunos, debido a que el cuero y la cabeza son más pesados (Jorge 2005).

Otro factor que también afecta los rendimientos de las canales de todos los animales en general es el tiempo de ayuno al que son sometidos, debido a que éste tiene influencia directa en el peso del animal vivo y que van a disminuir significativamente el peso de la canal; lo anterior se presenta porque el contenido gastrointestinal es muy variable y va a representar entre el 10 y 20% del peso vivo (Menegucci 2005).

2.1.2. Textura

Según Jorge (2001), la textura de los alimentos es un parámetro sensorial que presenta propiedades primarias tales como la suavidad, viscosidad y elasticidad, atributos secundarios como la masticabilidad y jugosidad; por último presenta de característica residual la velocidad de absorción de la humedad.

2.1.2.1. Suavidad

La suavidad de la carne es el parámetro de calidad más importante para el consumidor (Seuss y Honikel 1989). La búsqueda de la suavidad de la carne que se compra se ha mantenido constante a través del tiempo, aunque los gustos de muchos de los consumidores se han modificado a causa del desarrollo y ritmo de vida acelerado (Carvajal 2000).

Existen factores que pueden afectar la terneza de la carne y éstos poseen dos orígenes:

2.1.2.1.1. Factores *ante-mortem*

Dentro de los agentes *ante-mortem* que afectan la suavidad de la carne se pueden encontrar aquellos que son inherentes del animal, como el sexo y la edad; pero también se pueden encontrar factores que no dependen de ellos, como la alimentación y los niveles de estrés a los que son sometidos antes del sacrificio (Sañudo 2008).

- a. **Sexo:** éste es un factor de suma importancia en la suavidad de la carne, ya que la capacidad de deposición de grasa intramuscular se asocia a este parámetro (Feoli 2002). Por lo general, los machos poseen menor cantidad de grasa intramuscular que las hembras, de la misma manera sucede con los animales enteros, en relación con un animal castrado del mismo sexo (Varela *et al.* 2003). La suavidad también se atribuye a la concentración de tejido conectivo, ya que éste es inversamente proporcional a la suavidad de la carne, y además el contenido de éste presenta el mismo comportamiento que la deposición de grasa (Feoli 2002).

- b. **Edad:** la grasa intramuscular, es una característica que contribuye a la sensación de suavidad de la carne, ésta se empieza a depositar en el momento en que se reduce el contenido de humedad y jugosidad muscular, a edades de alrededor de 40 meses (Osório *et al.* 2000). Sin embargo, el contenido de tejido conectivo se incrementa conforme aumenta la edad del animal, al igual que la concentración de colágeno y elastina; características que aumentan la dureza de la carne (Ramírez 2004). Por las razones mencionadas, es que la inmadurez al sacrificio está relacionada a carnes tiernas (Huerta-Leidenz 2002).

- c. **Alimentación:** Estudios demuestran que la carne posee mejores características organolépticas en animales engordados con una dieta a base de granos, en comparación a los animales que consumen solo forrajes, ya que hay mayor gelatinización del colágeno durante la cocción y la carne se vuelve más fácil de masticar (Jorge 2004a). Las características favorables de la alimentación a

base de granos, obedece en gran parte a un mayor contenido de grasa en la carne (Carvajal 2000). Por esta razón, los animales producidos a base de forrajes presentan canales con menor grasa intramuscular, el color de la carne se torna más oscuro, se generan carnes menos firmes, de textura más áspera y menos tiernas que la de animales producidos a base de granos (Jorge 1999).

- d. Estrés: se ha establecido que el estado de excitación de un animal antes del sacrificio, determina el tiempo en que consume las reservas de glucógeno, también el momento en que inicia la producción de ácido láctico, generando un descenso en el pH de la carne horas después del sacrificio afectando su suavidad (Voisinet *et al.* 1997). Cabe destacar que el pH se relaciona con la suavidad de la carne a las tres horas *post mortem* (Huerta-Leidenz 2002), por lo que canales que presentan valores de pH mayores a 6,2 luego de transcurrido las tres horas después del sacrificio son más suaves (Carvajal 2000).

2.1.2.1.2. Factores *post-mortem*

Los factores *post-mortem*, se encuentran asociados al manejo que se le da a la carne después del sacrificio de los animales; entre los principales procedimientos utilizados están la insensibilización, la temperatura, el pH, la estimulación eléctrica, la maduración, la forma de colgado de las canales y las formas de preparación (Quirós 2006).

Los cambios *post-mortem* de mayor importancia son el *rigor mortis* y la maduración de la carne, ya que tienen influencia directa en la suavidad que es la característica sensorial más valorada por los consumidores (Chacón 2004; Chacón 2005).

- a. *Rigor mortis*: cuando los animales mueren, los tejidos continúan con su actividad metabólica, provocando que el músculo consuma energía para mantener la temperatura y la integridad estructural de las células; como consecuencia de esto, el músculo debe obtener esa energía por medio de

glucólisis anaerobia, transformándose en ácido láctico y en menor cantidad, adenosín trifosfato (ATP) (Massa 2006). La acumulación de ácido láctico va a provocar un descenso de pH que provoca una inhibición de diversas enzimas y una susceptibilidad de las proteínas a la desnaturalización, llegando progresivamente a detener el proceso de glucólisis (Amerling 2001).

Durante el proceso de contracción muscular se forma el complejo actinmiosina que surge de la unión entre la actina y la miosina, que al no existir ATP en el músculo se vuelve un proceso irreversible (Chacón 2004). De acuerdo con lo anterior se requiere un agotamiento gradual del ATP, para hacer que la rigidez de la carne sea mínima. El descenso gradual de ATP se da gracias a la actividad de una enzima denominada ATP-asa sarcoplasmática (Lawrie 1977).

- b. Maduración: es un proceso de ablandamiento natural de la carne, que inicia luego de completado el *rigor mortis*. Consiste en mantener la carne a 0°C de temperatura durante tres a siete días, en los cuales se va a dar una intensa desnaturalización, deshidratación de las proteínas y crecimiento microbiano, dando como resultado un producto más tierno y aromático (Amerling 2001). La maduración también colabora con la jugosidad de la carne, debido a un aumento en la capacidad de retención de agua (Chacón 2004).

2.1.2.2. Jugosidad

La jugosidad se aprecia en la carne cocinada y se refiere a la sensación de humedad percibida en los primeros movimientos de masticación, dado por la rápida liberación de líquido de la carne. Es una succulencia constante que se presenta gracias a la salivación que es estimulada por la grasa. La grasa intermuscular actúa como una barrera contra la pérdida de líquido del músculo durante la cocción, aumentando la retención de agua por la carne y la jugosidad de la misma. La jugosidad de la carne también depende de la pérdida de agua

durante la cocción. Temperaturas de 80°C producen mayores pérdidas de agua que si se cocina a temperaturas alrededor de los 60°C (Jorge 2001).

En otro sentido, cabe señalar que el punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares (pH = 5,5) también influye sobre la jugosidad de la carne, ya que si el pH de la carne aumenta, también aumenta su capacidad de retención de agua, lo cual la hace más jugosa al ser cocinada (Félix *et al.* 2001).

2.1.2.3. Métodos de medición de la dureza de la carne

Los métodos de valoración de la dureza de la carne son muy variados, y se pueden dividir en cuatro grupos de valoración, sin embargo, para el proyecto interesan dos tipos, las subjetivas o sensoriales y las objetivas (García 2010).

2.1.2.3.1. Panel sensorial

La evaluación sensorial es una disciplina científica que ha sido utilizada para medir, analizar e interpretar propiedades de los alimentos por medio de los sentidos (vista, olor, tacto, sabor y oído) (Hollander 1998). Esta evaluación utiliza el sentido humano como herramienta analítica (Cadoppi 2004), y fue uno de los primeros métodos de control de calidad y sigue siendo ampliamente utilizado en la industria (Mason y Nottingham 2002).

Este tipo de evaluación es de tipo subjetiva, sin embargo se considera que es una de las más adecuadas, ya que es más cercana a la evaluación de los consumidores (Basso *et al.* 2009). Descriptivamente se lleva a cabo mediante la categorización o puntuación para las características a valorar. Cuando se categoriza, se determina el grado de intensidad del atributo; cuando se puntúa, se determina la dirección y magnitud del mismo (García 2010).

La información hedónica producida es una herramienta valiosa porque provee información más en concordancia con la de los consumidores, que son los únicos que pueden indicar con veracidad el grado de aceptación o rechazo de un producto (Acevedo 2004).

2.1.2.3.2. Fuerza de corte

La fuerza de corte es un método objetivo de evaluación de la dureza de la carne que se lleva a cabo por medio de sistemas mecanizados, derivados de los principios de masticación de la carne por parte de los humanos (García 2010). El sistema más utilizado es el Warner-Bratzler, que consiste en una navaja triangular que se localiza entre dos barras, en donde se depositan trozos cilíndricos de carne para que la presione por el vértice del triángulo, y posteriormente corte los cilindros; éste sistema presenta una metodología estandarizada, el resultado se obtiene en Kg/cm² (García 2010).

Merle *et al.* (2004) midieron la resistencia al corte en carnes de búfalos y vacunos; obteniendo resultados de $3,45 \pm 0,24$ Kg/cm² para bubalinos y $5,05 \pm 0,29$ Kg/cm² para la carne vacuna.

2.2. Composición química de la carne

La carne tiene una composición química compleja y variable, en función de los factores intrínsecos y extrínsecos que la afectan. El conocimiento de su composición y de la manera que se afecta por la errónea manipulación, procesamiento y almacenamiento, determinan su valor nutricional, la durabilidad y el grado de aceptación por los consumidores (Hoffman 1993; Ramírez 2004). Los principales factores que determinan la calidad nutritiva de la carne se presentan a continuación:

2.2.1. Contenido de humedad

El agua por ser el componente más abundante de la carne, influye en la calidad, debido a que afecta la succulencia, la textura, el color y el sabor; ya que es el medio universal para las reacciones biológicas, por lo que su presencia afecta directamente las reacciones que ocurren en la carne durante su procesamiento y almacenamiento (Jorge 2004a).

El agua es también muy importante para la actividad muscular, ya que la presión, descompresión, contracción y relajación muscular, solo es posible en presencia de agua. El porcentaje de agua de los animales está estrechamente relacionado con la proteína. El agua-proteína puede ser considerada como una constante biológica. Esta relación se utiliza para determinar la cantidad de agua adicionada a la carne picada y a los embutidos (Roça 2000).

Nascimento *et al.* (1993) al analizar muestras de filete de búfalos machos Murrah criados consumiendo pastos de *Brachiaria humidicola* y fueron sacrificados a los dos años de edad, encontraron niveles de humedad promedio de 76,23%.

2.2.2. Minerales

La carne contiene diversos minerales que tienen un papel trascendental en la formación de tejidos y en catalizar diferentes procesos bioquímicos e inmunológicos de gran importancia con varias enzimas (Pardi *et al.* 2001). La carne es también una buena fuente de oligoelementos como el zinc y el hierro (Valenzuela *et al.* 2008). Una importancia de la carne como fuente de hierro se basa no solo en su alto contenido, sino en la mejor biodisponibilidad que los alimentos de origen vegetal (Jorge 2001).

Generalmente, el contenido de minerales de la carne se expresa en cenizas totales y representa aproximadamente el 1% de la materia seca del músculo.

Dicho porcentaje es constante para diversas especies y los minerales más importantes que se pueden encontrar son el potasio (K), fósforo (P), magnesio (Mg), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), calcio (Ca) y sodio (Na) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación del contenido de minerales en mg por cada 100 gramos de carne de búfalos y vacunos. San José, Costa Rica, 2010.

Minerales (mg/100g de carne)	Búfalos	Vacunos
Potasio	313,00 ¹	373,00 ²
Fósforo	201,45 ³	196,00 ²
Magnesio	22,63 ³	22,00 ²
Manganeso	0,027 ³	0,014 ²
Zinc	4,65 ³	4,66 ²
Cobre	0,1 ³	0,067 ²
Hierro	2,12 ¹	2,18 ²
Calcio	15,00 ¹	10,00 ²
Sodio	56,00 ¹	63,00 ²

Fuentes: ¹ Cripe 1996; ² Huerta-Leidenz 1998; ³ Arenas de Moreno *et al.* 2001.

2.2.3. Grasa

La carne ha sido clasificada en la categoría de alimentos ricos en grasa y que apunta a muchas críticas, principalmente en lo que respecta a la nutrición saludable. Esto se debe en gran parte a la antigüedad de las tablas de composición química de la carne, que presentan valores más elevados respecto a los valores que se tienen actualmente (Roça 2000).

La carne de búfalo se destaca por tener un perfil deseable de ácidos grasos saturados C18:1 (oleico), C18:0 (esteárico), C16:0 (palmitico), C18:2 (linoleico) y C20:4 (ácido araquidónico), además el ácido palmítico y esteárico están presentes en niveles inferiores que en la carne de vacuno, por consiguiente se considera que el perfil de ácidos grasos de la carne de búfalo puede ser considerado como

saludable, teniendo en cuenta que el ser humano requiere de este nutriente para mantener una salud adecuada (De Ligouri 2005).

Según Ávila (2007), la grasa se almacena en el tejido animal de cuatro maneras:

- Suprarrenal: alrededor de la zona pélvica, específicamente por los riñones.
- Intermuscular: entre los músculos.
- Subcutánea: consta de los depósitos de grasa subcutánea y de demás depósitos en el organismo de los animales
- Intramuscular: conocido como marmoleo compuesto de fibras muy finas en el tejido muscular.
- Tiene también una pequeña cantidad de grasa en el tejido muscular, que se encuentra la formación de pequeñas gotitas en el fluido intercelular.

El marmoleo es deseable en la carne pero no en exceso, ya que contribuye a la jugosidad, sabor y firmeza de la carne.

Estudios sobre el contenido intramuscular de lípidos y ácidos grasos en el músculo *Longissimus dorsi* de ganado bovino y búfalos, sacrificados entre los 19 y 24 meses de edad, han demostrado que la carne de búfalo presentó mayor contenido de ácidos grasos insaturados y una tendencia de exhibir una mayor relación de ácidos grasos poliinsaturados:saturados que en el ganado bovino (Uzcategui *et al.* 2001).

2.2.4. Proteína

La proteína es el componente más importante de la carne, y la hace un producto de alto valor biológico (Aberle *et al.* 2001); ya que las proteínas son indispensables para la vida y la salud humana, y su exceso en la dieta no es

problemática, gracias a que éstas tienden a reducir el apetito, constituyendo un mecanismo de protección (Torún *et al.* 1996).

La carne es una fuente de proteínas esencial para el buen funcionamiento del cuerpo, siendo utilizada en muchas actividades tales como la formación o regeneración de tejidos, células, hormonas y enzimas (Torún *et al.* 1996). Estas proteínas se componen de aminoácidos, algunos de esos aminoácidos son esenciales (no pueden ser sintetizados por cuerpo en cantidades o proporciones adecuadas), lo que hace que las proteínas de la carne sean de alto valor biológico (De Ligouri 2005).

La carne es una proteína con un porcentaje de digestibilidad entre el 95% a 100%, en tanto que la proteína vegetal presenta una digestibilidad entre 65% y 75% (Aberle *et al.* 2001).

Nascimento *et al.* (1993), reportan datos de 23,77% de proteína en la carne, mientras que Cripe (1996), estimó que en cada 100 gramos de carne cocida hay 26,83 gramos de proteína, lo que equivale a 26,83%, el cual es un valor elevado de una proteína de alto valor biológico para el consumo humano.

2.2.5. Energía

La energía de la carne está dada principalmente por los carbohidratos y la grasa. Con respecto a los carbohidratos, puede estar compuesta de polisacáridos (glucógeno) y monosacáridos (glucosa y fructosa). En el animal vivo el total de hidratos de carbono es de alrededor de 1,5%, pero luego de los cambios *post-mortem* es de alrededor del 0,1% (Jorge 2004a). Las vísceras comestibles son más ricas en energía que el músculo de la carne (Jorge 1999).

De los carbohidratos presentes en la carne, el más importante es el glucógeno (Aberle *et al.* 2001; Santrich 2006;); su importancia radica, en la necesidad de

éste en los procesos bioquímicos del músculo luego del sacrificio, específicamente en el *rigor mortis*.

El contenido calórico de la carne varía también dependiendo de la dieta. Dietas a base de forrajes tienden a hacer que el músculo contenga menos calorías que dietas a base de granos (Roça 2000). Para búfalos en dietas forrajeras se reportan valores de 104 kcal/100g (Roça 2000).

3. OBJETIVOS

3.1. General

Cuantificar el rendimiento canal, el análisis proximal y algunas características nutricionales y sensoriales del lomo (*Longissimus dorsi*) de búfalas para determinar la calidad de la carne.

3.2. Específicos

- a. Determinar el rendimiento de la canal caliente.

- b. Estimar algunos parámetros químicos y nutricionales de la carne de búfalas de agua en condiciones de pastoreo mediante el análisis de humedad, cenizas, proteína, grasa, ácidos grasos saturados, ácidos grasos insaturados y energía.

- c. Evaluar instrumentalmente la fuerza de corte del lomo (*L. dorsi*) de búfalas de agua.

- d. Valorar las características de jugosidad y suavidad de la carne de búfalas de agua mediante evaluación sensorial.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Procedencia de los animales.

Para realizar el estudio se dispuso de la carne del lomo (*L. dorsi*) de 10 búfalas de agua con edades entre 18 y 22 meses, cruces de las razas MurrahxMediterráneo provenientes de la finca “El Porvenir”. Las búfalas se encontraban bajo un sistema de pastoreo continuo de pastos *Ischaemum indicum*, *Brachiaria brizanta* CIAT 26110 y *Brachiaria decumbens*.

Los animales fueron desarrollados en Dos Ríos de Upala que se encuentra a 10°53 norte; 85°04 Oeste; 500 m.s.n.m. Esta zona presenta una temperatura mínima de 20,5°C y máxima de 33,1°C a través del año y una precipitación anual de 2572 mm (I.M.N. 2008).

4.2. Manejo de los animales

Para realizar los análisis de la carne se realizaron diferentes manejos a los animales *ante-mortem* y *post-mortem*, sin embargo solo fue posible presenciar el manejo *post-mortem* que se explica a continuación:

4.2.1. Manejo *post-mortem* de los animales

En la Figura 1 se muestra el proceso de sacrificio de los animales en la planta de cosecha de CoopeMontecillos R.L.

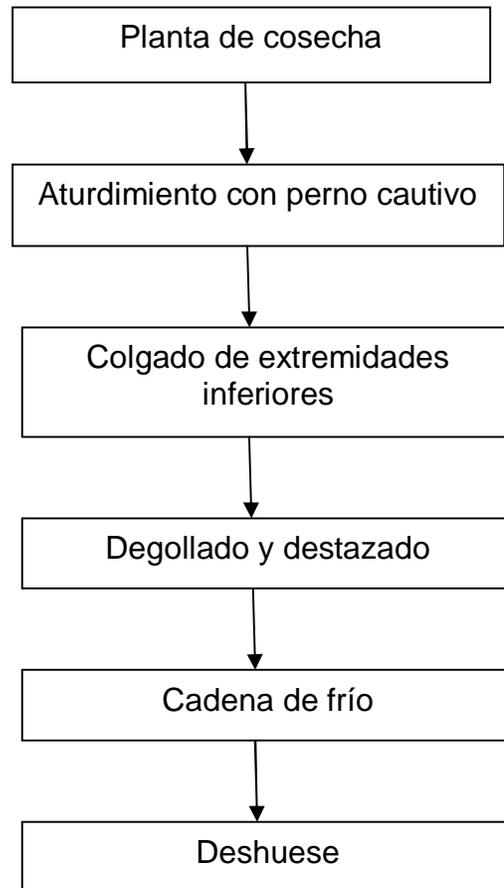


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de sacrificio de las búfalas de agua, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010.

4.3. Obtención del rendimiento de la canal (en caliente)

Para la obtención del rendimiento en canal se tomó el peso vivo de 15 hembras. Posterior al sacrificio y eviscerado de las mismas, se tomó el peso de la canal en caliente y se procedió a sacar el rendimiento en porcentaje; dividiendo el peso de la canal entre el peso vivo del animal y multiplicándolo por 100.

4.4. Procedimiento general de manejo de las muestras

La evaluación de las características químicas y sensoriales de la carne se llevó a cabo en dos laboratorios. El Laboratorio de química del Centro de

Investigaciones en Tecnología de Alimentos (CITA), donde se realizaron análisis de humedad, grasa, proteína, cenizas, energía, además se realizó un panel sensorial con panelistas entrenados con el fin de evaluar la jugosidad y suavidad; y en el laboratorio de la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica, se realizaron los análisis de ácidos grasos saturados y ácidos grasos insaturados.

La carne se obtuvo de las canales de diez búfalas, un lomo de cada una; luego la carne fue almacenada durante tres días y empacadas el vacío en la planta de proceso, posteriormente se trasladaron al laboratorio del CITA con el fin de extraer las muestras para su análisis.

4.5. Preparación de las muestras a partir de carne cruda

Se extrajeron de cada uno de los 10 lomos 20 muestras seleccionadas al azar dentro del músculo, con un peso promedio entre 350-400 gramos, diez de ellas se utilizaron para realizar los análisis que se llevaron a cabo en el laboratorio químico del CITA y las otras diez muestras se utilizaron para los análisis ejecutados en el laboratorio de la Escuela de Química. El resto de la carne se congeló (a una temperatura menor de -10°C) en la planta piloto del CITA y luego se utilizó para realizar los análisis de dureza instrumental y las evaluaciones sensoriales.

Para obtener muestras homogéneas, a la carne se le extrajo la grasa externa con el fin de semejar la carne cuando se compra en supermercado. Las muestras se molieron y mezclaron para su evaluación química. Cuando fue necesario se congelaron para determinar los diferentes parámetros.

4.6. Procedimiento para la medición de humedad mediante el método 950.46, A.O.A.C. (2006).

El procedimiento consistió en tomar dos muestras de cuatro a seis gramos de cada lomo. Inicialmente las muestras se introdujeron en una estufa convencional

durante una hora a una temperatura entre los 98 y 100°C, luego de esa hora se esperó a que las muestras llegaran a temperatura ambiente. Después se colocaron en una estufa con un vacío de 15 a 25 pulgadas de mercurio (entre 50,8 kPa - 84,6 kPa) a una temperatura entre 98 y 100°C hasta que alcanzaron una masa constante. El proceso duró aproximadamente 5,5 horas.

4.7. Procedimiento para la medición de cenizas por método 920.153, A.O.A.C. (2006)

El método consiste en la medición de la masa del residuo inorgánico que queda después de quemar la muestra, a temperatura entre 500 °C - 600°C, este residuo es lo que se llama “cenizas”. Consiste de óxidos y sales que contienen aniones tales como fosfatos, cloruros, sulfatos y otros haluros y cationes como sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro y manganeso.

Para realizar el procedimiento se tomaron dos muestras entre cinco y diez gramos de cada lomo. Inicialmente se calentaron las muestras a 100°C hasta que se secaron, se le añadieron unas gotas de aceite de oliva, luego se calentaron despacio hasta que las muestras se quemaron. Después se incineraron en la mufla a temperatura de 550°C hasta obtener cenizas grises y blancas con una masa constante.

Finalmente cuando quedó carbón de la carne se agregó agua y se secó e incineró nuevamente hasta que la ceniza estuviera blanca.

4.8. Procedimiento para la medición de proteína por método 928.08, A.O.A.C. (2006).

El método Kjeldahl se caracteriza por el uso de ácido sulfúrico concentrado hirviendo, para la destrucción oxidativa de las sustancias orgánicas de la muestra, con la subsecuente reducción del nitrógeno orgánico a amonio.

El amonio se destiló con previa adición de un álcali no volátil (hidróxido de sodio) y se retuvo en ácido ascórbico; para facilitar la digestión se empleó sulfato de cobre (II) como catalizador para acelerar la reacción, y sulfato de potasio para aumentar el punto de ebullición de la mezcla. El porcentaje de nitrógeno obtenido se convirtió en proteína cruda multiplicando por 6,25 que es el factor de conversión.

Para el análisis se tomaron dos muestras de 2 a 2,2 gramos de cada lomo para poder realizar las pruebas por duplicado.

4.9. Procedimiento para la medición de grasa por método 960.39, A.O.A.C. (2006)

El método consiste en la extracción del material seco con éter de petróleo en un instrumento de extracción, intermitente o continuo, como son los extractores Soxhlet y Goldfish respectivamente.

Para el análisis se tomaron dos muestras de tres a cuatro gramos de cada lomo, estas muestras se pusieron a secar, luego se colocó en uno de los extractores anteriormente mencionados utilizando cartuchos con papel Whatman N°4. Posteriormente se recogió el extracto etéreo, que se secó en la estufa por un periodo de una hora entre 95 y 100°C. El periodo de extracción fue de ocho a diez horas a una velocidad mayor o igual a dos o tres gotas por segundo. El éter se evaporó secándolo a una temperatura entre 95 y 105°C.

4.10. Procedimiento para la medición de ácidos grasos por cromatografía de gases (Metcalf y Wang, 1981)

El procedimiento se realizó por cromatografía de gases, tomando dos muestras de cada lomo.

Este método consistió en la transesterificación de los ácidos grasos de los glicéridos a los ésteres metílicos utilizando metanol y una base orgánica fuerte como el hidróxido de tetrametilamonio (catalizador).

En este proceso se toma la grasa y se le realiza un corte para que al inyectarlas en el cromatógrafo en una columna capilar de 100nm se separen los ácidos grasos.

4.11. Procedimiento para determinar el contenido calórico.

Para determinar el contenido calórico de la carne se utilizaron los factores propuestos por Atwater (FAO/OMS 1997) de 9 kcal/g para las grasas y 4 kcal/g para las proteínas. Estos factores se encuentran basados en las cantidades de energía que liberan las proteínas y las grasas cuando se oxidan metabólicamente, considerando una absorción intestinal incompleta. La fórmula se aplicó a cada muestra evaluada en grasa y proteína para cada lomo.

Los resultados se expresan como kilocalorías liberadas por cada 100 gramos de muestra.

4.12. Procedimiento para medir la resistencia al corte

Para medir la resistencia al corte, se cortaron las muestras congeladas en tres filetes de 2,5 cm (una pulgada) de espesor, identificadas previamente con el número de muestra. Se refrigeraron entre 6°C y 8°C, por 18 horas para que se descongelaran lentamente hasta llegar a 0°C. Los filetes descongelados se cocinaron en una parrilla de gas industrial precalentada a 225°C, cada filete se cocinó por un lado hasta que alcanzó una temperatura interna de 55°C y se volteó, luego se llevó a una temperatura interna de 70°C de acuerdo al método descrito por A.M.S.A (1995). Se extrajeron dos bocados de 1 cm de diámetro de cada filete en dirección paralela a las fibras musculares; se determinó la fuerza de corte en

cada muestra, empleando un texturómetro Instron modelo 1000 con una celda de 50 kg en un rango de 20 kg y a una velocidad de 50 mm por minuto.

4.13. Procedimiento para realizar el panel sensorial

La evaluación organoléptica fue realizada por 18 panelistas, sin embargo, solo se muestran los resultados de once de ellos, que fueron los que completaron el análisis. Todos los expertos tuvieron un entrenamiento previo a la valoración final. Esta preparación consistió en dos días de apreciación. Para la evaluación se utilizaron cortes diferentes de lomo de res (patrón de la muestra suave) y carne de solomo de vacuno (como índice de muestra dura). El entrenamiento se realizó con el fin de que logran identificar los atributos de suavidad y jugosidad de la carne de búfalas.

Para el análisis se cortaron filetes de carne de 2,5 cm de espesor y se cocinaron sin sal en un horno eléctrico convencional, se cocinó de la misma manera descrita en la fuerza del corte (A.M.S.A. 1995).

La evaluación se llevó a cabo en un laboratorio especializado, separado en cubículos; se utilizó luz roja en cada cubículo, para evitar prejuicios por el color de la carne. Los paneles se realizaron durante tres días, evaluando el primer y segundo día tres muestras, y el tercer día se evaluaron cuatro muestras.

Para la evaluación se utilizó una escala gráfica de 100 puntos para cada característica (en donde 0 significaba extremadamente seca o extremadamente dura y 100 extremadamente jugosa o extremadamente suave) (Anexo 8.1), que es una sola línea sobre la cual se marca la intensidad o grado de las características evaluadas (A.M.S.A. 1995).

4.14. Análisis estadístico

Por las características del proyecto, los análisis estadísticos fueron de tipo descriptivo, se estimaron medias y desviaciones estándar para las variables estudiadas, para lo cual se utilizó el programa Excel de Microsoft® Office (2007).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Rendimiento en canal (Peso de la canal/peso vivo del animal).

El rendimiento en canal es una característica que permite determinar el desenvolvimiento de los animales. Luego del pesaje y sacrificio de los animales, el rendimiento en canal obtenido fue de $49,45 \pm 0,66\%$ (Anexo 8.2). Este resultado se considera inferior a los que normalmente se han reportado en vacunos que oscilan entre 51,51 y 61,4%, dependiendo de la dieta, la genética, el sexo y la edad, entre otros factores (Schroeder *et al.* 1980; Rodas-González *et al.* 1999; Andrae *et al.* 2001; Teye y Sunkwa 2010).

El rendimiento obtenido se encuentra dentro del rango que se ha presentado en la literatura que oscilan entre 49,2 a 54,3 % (Gazetta 1993; Jorge *et al.* 1997; Franzolin y Silva 2001; Calixto 2004; Jorge 2004b; Cabral 2005; Pasha y Iqbal 2008; Borghese *et al.* 2010), rango que se ha generado en países donde la explotación de búfalos se encuentra más desarrollada en comparación con Costa Rica; por lo cual los resultados obtenidos de esta característica se podría decir que se encuentran entre los rendimientos esperados

Se ha considerado que el búfalo presenta menores rendimientos de canal en comparación a los vacunos, debido a que posee una mayor proporción de vísceras, cabeza, cuero y patas (Jorge y Fontes 1997; Rodas-González *et al.* 2001; Merle *et al.* 2004; De Ligouri 2005). Principalmente afectan los pesos del cuero y la cabeza, que llegan a representar hasta un 5% del peso del animal, porcentaje que se invierte a favor de las canales de vacunos (Jorge *et al.* 1997).

Sin embargo, se ha considerado que el búfalo gana peso con mayor velocidad que los vacunos, por lo que el animal produciría semejantes cantidades de carne a un mismo tiempo de sacrificio (Almaguer 2007). Se ha estimado que los bubalinos ganan en promedio un 20% más de peso comparado a los cebuinos, pero para eso consumen diariamente 10% más de materia seca (Jorge 1999).

Tomando en cuenta lo mencionado en la literatura, con respecto a que el búfalo logra ganar más peso en menor tiempo que los vacunos, se puede decir que ambas especies se asemejan en el rendimiento final. Sin embargo el bajo manejo dado a los animales de la especie en estudio en Costa Rica, hace que los costos de producción sean menores y por lo tanto se podrían percibir mayores utilidades, que se atenúan por la falta de optimización del sistema productivo.

5.2. Características químicas de la carne

Luego de realizado los análisis de humedad, proteína, grasa, cenizas y de contenido energético, se obtuvieron valores (Cuadro 2; Anexo 8.4) muy similares a los que se presentan en la carne de vacunos y a los que se han reportado en otros países para los bubalinos, exceptuando el contenido de grasa ya que se estima es menor en la carne de búfalos (Nascimento *et al.* 1993; Cripe 1996; Sekhon y Bawa 1996; Jorge 1999; Roça 2000; De Ligouri 2005).

El análisis proximal realizado (Cuadro 2; Anexo 8.4) da una perspectiva a los consumidores de la calidad nutricional de la carne de búfalos; perfilándose como una carne nutritiva y de bajo contenido calórico, por lo cual se podría decir que es saludable.

Cuadro 2. Resultados obtenidos de los análisis químicos realizados a la carne de búfalos de agua Murrah x Mediterráneo, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2009.

Característica	Valores obtenidos
Humedad (%)	74,23 ± 0,99
Proteína (%)	22,53 ± 0,54
Grasa (%)	0,33 ± 0,24
Cenizas (%)	1,05 ± 0,03
Calorías (Kcal/100g de materia seca)	99,00 ± 1,60

5.2.1. Humedad

El resultado de la humedad ($74,23 \pm 0,99\%$) refleja que la carne es un alimento perecedero, por su elevado contenido de agua libre y por lo tanto presenta una actividad del agua (a_w) muy elevada, es decir cercana a 1, lo que favorece a la proliferación de microorganismos (Price 1994).

El contenido de humedad de la carne es de alrededor de 75% de su peso, tal como se muestra en los resultados obtenidos. Esta característica va a influir en la calidad del producto, afectando la mayoría de características sensoriales de la carne durante su procesamiento y almacenamiento (Jorge 2004a).

Al ser la carne alta en humedad, genera un medio idóneo para el desarrollo de diferentes microorganismos (benéficos o patógenos) que inciden sobre la calidad del producto y el tiempo de inocuidad del mismo.

La humedad obtenida para búfalos (Cuadro 2), es similar en carnes de otras especies, como es el caso de las cabras que se han reportado humedades de 74,30 y 74,32% (Félix *et al.* 2001). En ovejas se han presentado resultados de 75,9% de humedad (García 2000). En cerdos se presenta similares porcentajes de agua, entre 74,4 y 75,3% (Leach *et al.* 1996; Larzul *et al.* 1997). De la misma manera, en vacunos se presentan cantidades de humedad similares a los bubalinos, alrededor del 75% (Schroeder *et al.* 1980; Huerta-Leidenz 1998; Carvajal 2001; Chacón 2005).

En diversos estudios reportan valores de humedad para bubalinos entre 73,7 a 75% (Cruz y De Andrade 2004; Andrighetto *et al.* 2005; Andrighetto 2007; Andrighetto *et al.* 2008; Rébak *et al.* 2010), rango en el cual se encuentra el resultado obtenido en el estudio; por lo que se ratifica que la característica de humedad es constante y similar en las especies domésticas de producción.

5.2.2. Proteína

El porcentaje obtenido de proteína (Cuadro 2; Anexo 8.4) fue similar al que se ha reportado en estudios realizados a nivel mundial sobre bubalinos, dicho valor se encuentra entre 20,9 y 25,97% (Andrighetto *et al.* 2005; Anjaneyulu *et al.* 2007; Jaturasitha *et al.* 2007; Andrighetto *et al.* 2008; Kandeepan *et al.* 2009).

Se considera que los niveles de proteína de búfalos son ligeramente superiores a los de vacunos, que se encuentra entre 20,38 y 22,57% (Huerta-Leidenz 1998; Carvajal 2000; Gebhardt y Thomas 2002; Santrich 2006; De Oliveira *et al.* 2009). También son superiores a los de corderos que se encuentran entre 20,3 y 22,2% (García 2000; Gebhardt y Thomas 2002; Madruga *et al.* 2008).

Es conocido que la carne es un producto esencial en la dieta de los seres humanos, gracias a su aporte de proteínas y por ende de aminoácidos (Torún *et al.* 1996). La carne de búfalo no es la excepción y en ocasiones, de acuerdo con lo reportado, logra superar en contenido de este nutriente a otras carnes, lo que significa que consumiendo menores cantidades de carne se logra cubrir los requerimientos dietarios.

A pesar que los niveles de proteína obtenidos y los que se han reportado para la carne de búfalos son ligeramente superiores a los de la carne de vacunos; Marino *et al.* (2006) reportaron valores de proteína para bubalinos más similares a los de la carne de res, siendo estos valores entre 22,56 y 22,74%.

Sin embargo aunque los resultados obtenidos para búfalos son ligeramente superiores a los reportados para otras especies, se puede decir, si se considera nutricionalmente, que esta medida es muy similar en todas especies. Se conoce además que los resultados pueden variar de laboratorio a otro, ya que existen sesgos experimentales, que aunque sean imperceptibles siempre van a influenciar los resultados.

5.2.3. Grasa

La grasa es el componente más variable de la carne (De Ligouri 2005), tal como lo reflejan los resultados del estudio ($0,33\pm 0,24\%$; Anexo 8.4), que a pesar, de haberse realizado el análisis como un número muy reducido de muestras (10, por duplicado), la desviación estándar es similar al resultado obtenido, reflejando un amplia dispersión de los datos.

En relación con otros estudios los contenidos de grasa suelen ser muy similares (menores de 1%) a los que se obtuvieron, cuando las dietas se conformaban únicamente de forrajes (Nascimento *et al.* 1993; Roça 2000; Jorge 2001; Uzcátegui *et al.* 2001; Anjaneyulu *et al.* 2007; Kandeepan *et al.* 2009), pero fue inferior si se compara a trabajos en los cuales las dietas incluían granos (desde un 25 hasta un 75% del total de la dieta) (Andrighetto *et al.* 2005; Jaturasitha *et al.* 2007; Andrighetto 2007; Andrighetto *et al.* 2008).

Los animales con dietas forrajeras, según lo mencionado anteriormente, suelen presentar carnes más magras, característica deseable para mantener un nivel más saludable en la una población.

La especie en estudio presentó menores contenidos de grasa que la carne de vacunos (Huerta-Ledeinz y Rodas-González 1999; Santrich 2006), que en algunos casos son capaces de depositar cantidades de grasa intramuscular no menores de 8% (Nishimura *et al.* 1999). El menor contenido de grasa en la carne de búfalos se da gracias a que esta especie presenta una menor capacidad genética para depositar grasa intramuscular (Jorge 2004a; De Ligouri 2005).

A pesar de que la grasa intramuscular es una característica de calidad en algunos mercados como el estadounidense, por salud es preferible que la carne sea más magra, condición que ayudaría a disminuir patologías, como la obesidad, generadas por el excesivo consumo de carne grasa.

5.2.4. Proporción de ácidos grasos saturados e insaturados

La proporción porcentual del contenido de ácidos grasos insaturados: saturados obtenida en el presente estudio (49:51; Anexo 8.3) presentó una desviación estándar de $\pm 1,78$. Similares proporciones de ácidos grasos se ha presentado en otros trabajos de carne de búfalos (Cripe 1996; Paleari *et al.* 1997; Infascelli *et al.* 2004; Rébak *et al.* 2010).

Sin embargo, se esperaba que la proporción de ácidos grasos saturados fuera menor, ya que los animales utilizados eran muy jóvenes y la dieta ofrecida era completamente forrajera. Lo anterior está respaldado por investigadores que han propuesto que una dieta a base de forrajes tiende a aumentar la proporción de ácidos grasos insaturados y por el contrario, una dieta que contenga granos va a provocar que la carne de los animales tienda a contener mayores niveles de ácidos grasos saturados (Schroeder *et al.* 1980; Andrae *et al.* 2001; Quirós 2006; Schor *et al.* 2008).

Al igual que la carne de búfalo, la vacuna tiene la tendencia de mantener la relación de ácidos grasos saturados: insaturados en 50:50 (Forrest *et al.* 1979; Huerta-Leidenz *et al.* 1993; Vásquez *et al.* 2002; Jorge 2004a).

5.2.5. Cenizas

El contenido de cenizas de la carne fue superior al 1% (Cuadro 2; Anexo 8.4) y la desviación estándar refleja una mínima dispersión de los resultados para este parámetro.

En relación con otras investigaciones, en las cuales se obtuvo el contenido de cenizas para la carne de búfalos, se considera que el resultado del estudio ($1,05 \pm 0,03\%$) se encuentra dentro del rango esperado; según diversas investigaciones, este rango oscila entre 1 y 1,14 % (Intrieri *et al.* 1972; Anjaneyulu

et al. 1985; Roça 2000; Infascelli 2004; Andrighetto *et al.* 2005; Andrighetto 2007; Andrighetto *et al.* 2008; Kandeepan *et al.* 2009). De acuerdo a lo anterior se puede inferir que la carne es una buena fuente de minerales.

Si se compara el contenido de cenizas de la carne de res y la de bubalinos, se dice que esta última podría llegar a contener hasta un 10% más de minerales (Jorge 1999). De acuerdo con investigaciones que se han realizado, los contenidos de cenizas de la carne de vacunos se encuentran entre 0,02 y 1,13% (Schroeder *et al.* 1980; Carvajal 2000; Marino *et al.* 2006; De Oliveira *et al.* 2009), por lo que suelen ser muy variables. Sin embargo, pese a la variación existente en el contenido mineral de la carne de vacunos, se considera que este parámetro no es relevante para realizar una diferenciación entre las carnes de ambas especies de bovinos, y tampoco es un reflejo de que una carne sea nutricionalmente superior a otra.

Los contenidos de cenizas de otras especies se considera que son más constantes y similares a los resultados obtenidos. Así por ejemplo, las cenizas de corderos se encuentran alrededor de 1,2% (Madruga *et al.* 2008), las de conejos en 1,2% (Ramírez 2004) y cabritos en 1,07% (Félix *et al.* 2001.)

5.2.6. Energía

Los contenidos de energía obtenidos en el estudio para la carne de búfalas, fue de $99 \pm 1,60$ kcal/100g de materia seca (Cuadro 2; Anexo 8.4), resultado similar a los reportados por otros investigadores para el mismo corte; los datos que se han reportado se encuentran dentro de un rango que oscila entre 99 y 105 kcal/100g de materia seca, característica por la cual los mismos científicos consideraron la carne como baja en energía (Roça 2000; De Ligouri 2005).

Verma *et al.* (2008) realizaron un estudio donde caracterizaron químicamente la carne de la cabeza y el corazón de bubalinos, los cuales presentaron valores de

energía parecidos (entre 86,52 y 95,37) a los valores que se generaron para el músculo *L. dorsi* en la investigación realizada. Según lo anterior se podría decir que la carne, independiente del músculo que se trate, presenta un contenido de energía constante y bajo, esto debido a que no es un alimento energético.

En otros estudios, se muestran que los contenidos de energía para vacunos son más elevados al que se obtuvo para búfalos; éstos valores se encuentran en un rango de 110,61 y 116, 60kcal/100g (Seuss 1991; Seuss 1993; Huerta-Ledeinz 1998).

Cabe mencionar, que los contenidos de energía reportados en vacunos pueden estar influenciados por los contenidos de grasa dentro del músculo, ya que ésta es la fuente de energía de reserva de los seres vivos y su aporte calórico es mayor que el de la proteína.

5.3. Dureza por método instrumental y evaluación sensorial de la carne

Los resultados asociados a las características de fuerza de corte, de suavidad y de jugosidad sensorial de la carne de búfalo (Cuadro 3) (Anexos 8.5 y 8.6), señalan que es un producto que presenta atributos deseables para la aceptación de los consumidores (Huerta-Leidenz *et al.* 1997; Huerta-Leidenz *et al.* 2001).

Cuadro 3. Valores medios obtenidos en las evaluaciones de fuerza de corte, jugosidad y suavidad de la carne de búfalas de agua Murrah x Mediterráneo, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010.

Característica	N	Media	DE (±)
Fuerza de corte (kg/cm ²)	55	3,60	0,82
Jugosidad ^a	110	51,92	10,95
Suavidad ^b	110	53,85	14,61

^a Escala del 0 al 100, donde 0 extremadamente seca y 100 extremadamente jugosa; ^b Escala del 0 al 100, donde 0 extremadamente dura y 100 extremadamente suave; N: número de observaciones; DE: desviación estándar.

5.3.1. Evaluación instrumental de la dureza de la carne (fuerza de corte)

La media de fuerza de corte que se presentó en el estudio (Figura 2; Cuadro 3) muestra que la carne tiene una tendencia al límite superior de la ternera, según un intervalo de dureza propuesto por Boleman *et al.* (1997) en el cual carnes entre 2,27 y 3,58 kg/cm² son tiernas, entre 4,08 y 5,40 kg/cm² son de dureza intermedia y entre 5,90 y 7,21 kg/cm² son carnes duras.

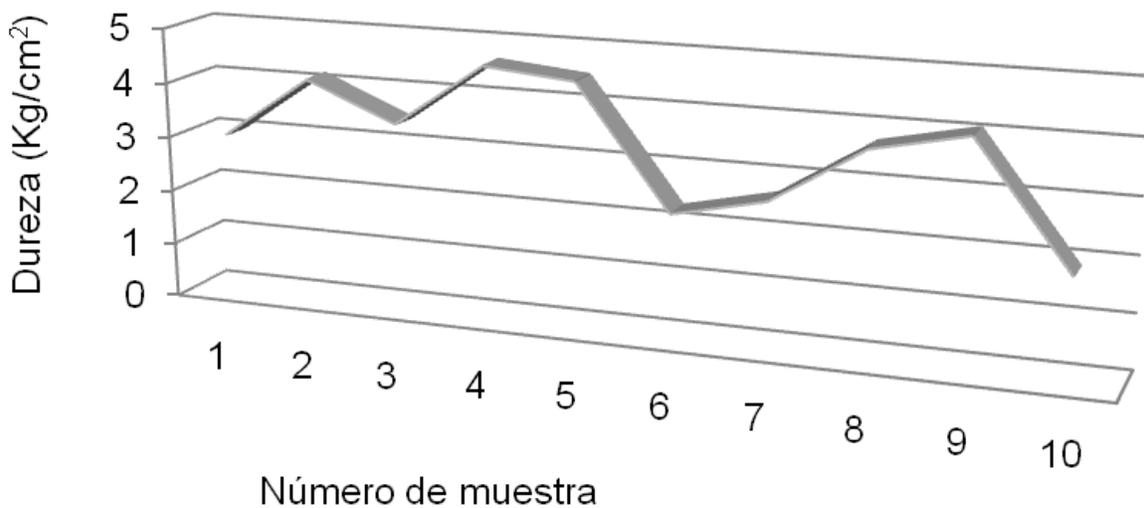


Figura 2. Valores de la fuerza de corte de la carne de búfalas de agua Murrah x Mediterráneo, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010.

En estudios donde se realizó la fuerza al corte del músculo *L. dorsi* de búfalos jóvenes (no mayores de tres años), se reportaron datos similares a los que se obtuvieron en este estudio (Cuadro 3), dichos datos se encuentran en un rango de 2,83 y 3,75 kg/cm² (Cruz y De Andrade 2004; Merle *et al.* 2004; Jorge 2005; Appa *et al.* 2009; Francisco *et al.* 2010).

Comparando los resultados de esta prueba con datos para el mismo parámetro en el mismo corte de carne y edades no mayores de tres años en vacunos, se dice que la carne de éstos últimos tiende a ser más dura encontrándose datos entre 3,4 y 7,5kg/cm² (McBee y Wiles 1967; Schroeder *et al.* 1980; Sañudo *et al.* 1998; Andrae *et al.* 2001; Huerta-Leidenz 2002).

5.3.2. Calidad sensorial de la carne de acuerdo a la jugosidad y suavidad

En el estudio realizado, la clasificación efectuada por los panelistas muestra de manera general (Cuadro 3; Figura 3; Anexo 8.6) que la carne de búfalo se encuentra en valores medios de acuerdo con la escala utilizada (A.M.S.A 1995; García 2000; Cadoppi 2004), es decir se considera, según la percepción de los panelistas, que la carne no es “ni tierna ni dura” y tampoco es “ni jugosa ni seca”.

No obstante, podría parecer que los análisis de dureza instrumental son contrarios a la evaluación sensorial, no se puede considerar de esa manera, ya que son dos métodos diferentes de evaluación. El panel refleja lo que podría ser la evaluación por parte de los consumidores, mientras que la medición instrumental es solo un parámetro objetivo de la dureza.

Es importante mencionar que generalmente los paneles muestran resultados muy dispersos, debido a diversos factores, entre ellos la posición de la muestra dentro del músculo, ya que estudios han mostrado que existen diferencias en la dureza dependiendo de la posición del corte dentro del mismo músculo⁵.

⁵Calderón, S. 2009. Panel Sensorial. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Comunicación personal.

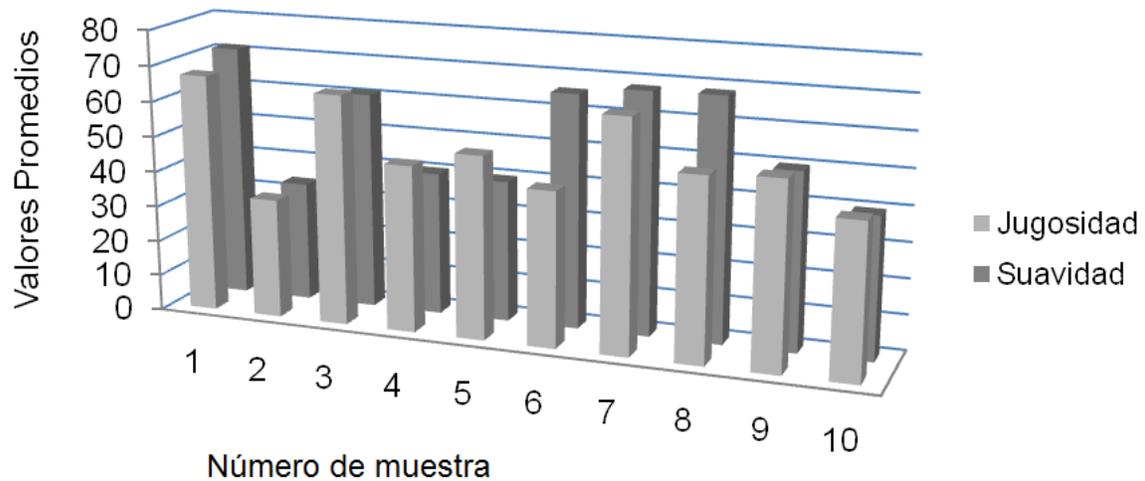


Figura 3. Valores de jugosidad y suavidad de la carne de búfalos de agua Murrah x Mediterráneo, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010.

A pesar de que el panel muestra que la jugosidad y suavidad de la carne de búfalos se ubicaron en un valor medio de la escala, hay evaluaciones que muestran que para ambas características se tuvo una mayor aceptación en la carne de búfalos que en la de vacunos (Merle *et al.* 2004; Huerta-Leidenz *et al.* 2001; Huerta-Leidenz *et al.* 1997).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con los resultados obtenidos se puede concluir que la carne de búfalo criado en Costa Rica, específicamente en el sector de Upala, posee un alto valor nutritivo, de acuerdo con el análisis proximal.

De la misma manera, la carne de búfalo presenta un bajo contenido de grasa y energía en comparación con los datos reportados para las carnes de consumo tradicional en Costa Rica, por lo que se perfila como una carne saludable y que se encuentra disponible para los consumidores.

Es importante considerar que a pesar de que los rendimientos de los búfalos fueron inferiores en comparación con los datos que se han suministrado para los vacunos, se podrían ver compensados por los mayores pesos reportados a una misma edad de sacrificio. Esto indica que la especie tiene gran potencial de producción y que podría ser rentable cuando se maneja adecuadamente.

La evaluación instrumental de la carne muestra que la carne se encuentra en el límite superior de un rango de aceptación de la carne, por lo que se podría considerar como “tierna”; lo cual es sinónimo de calidad según lo que solicitan los consumidores de éste tipo de productos.

El panel sensorial es una excelente herramienta para la evaluación de la carne, que en este caso la calificó en un término medio según la escala utilizada, sin embargo, se recomienda un grupo de personas consolidado para que las respuestas sean consistentes.

Se considera importante realizar más investigaciones con ésta especie, ya que se ha empezado a generar un interés a nivel nacional por la producción de búfalos y es necesario implementar sistemas en los que se optimice el desarrollo de los animales. Además es importante que los consumidores tengan acceso a datos

reales y generados en Costa Rica sobre la calidad nutricional de la carne, la leche y los subproductos que se puedan generar.

Para futuras investigaciones se recomienda evaluar las características químicas de humedad, proteína (fragmentada), minerales, grasa, colesterol y perfil ácidos grasos, evaluar las características físicas de capacidad de retención de agua, color y fuerza de corte, además las características sensoriales de suavidad, jugosidad, sabor y olor de la carne de animales con diferentes edades, sexo y dietas. Además se sugiere realizar un análisis comparativo de las características físico-químicas y sensoriales de las carnes de búfalos y de vacunos.

Igualmente, se recomienda realizar posteriores estudios donde se evalúe el pH durante el proceso de sacrificio. Además se debe realizar una caracterización de las canales, en las que se vea los rendimientos de los diferentes cortes comerciales, para que se pueda comparar con los rendimientos que se tienen a nivel nacional de vacunos.

Se recomienda un cambio de pensamiento por parte de los entes gubernamentales encargados de las políticas pecuarias, con respecto a la actividad bufalina, con la finalidad de que acepten el potencial productivo de esta especie y ayuden a incentivar su producción no como sustituto de los vacunos, sino como especie complementaria. También es importante que por los resultados obtenidos, se valore la calidad de la carne de ésta especie, para que sea remunerada con igualdad de condiciones que la carne de vacunos.

También se recomienda implementar un plan de promoción y de mercadeo para ayudar a la aceptación de los productos bufalinos en el mercado nacional e internacional, que actualmente se están comercializando pero sin ningún plan estratégico y sin haber establecido los nichos de mercado de los productos que se están generando.

7. LITERATURA CONSULTADA

- Aberle, E.D; Forrest, J.C; Gerrard, D.e; Mills E.W; Hedrick, H.B; Judge, M.D; Merkel, R.A. 2001. Principles of meat science. 4.ed. Kendall/Hunt Pub. Co. Dubuque, Iowa, USA. 354 p.
- Acevedo M. 2004. Evaluación de los atributos principales de la calidad de la carne de res de origen local e importada, según se ofrece al consumidor. Tesis de graduación para optar por el grado de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Puerto Rico, Universidad de Puerto Rico. 71 p.
- Almaguer, Y. 2007. El búfalo, una opción de la ganadería. Revista electrónica de veterinaria. (En línea). Consultado: 1 de junio de 2010. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080807/080709.pdf>.
- Amerling, C. 2001. Antología Tecnología de la carne. EUNED. San José, Costa Rica. 178 p.
- A.M.S.A. (American Meat Science Association). 1995. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. National Livestock and Meat Board. Illinois, Chicago, United States. 47 p.
- Andrae, J.G; Duckett, S.K; Hunt, C.W; Pritchard, G.T; Owens, F.N. 2001. Effects of feeding high-oil corn to beef steers on carcass characteristics and meat quality. J. Anim. Sci. 79: 582-588.
- Andrighetto, C; Jorge, A.M; Athayde, N.B; Francisco, C.L; Rodrigues, E; Piccinin, A. 2005. Composição química e maciez do músculo *Longissimus dorsi* de bubalinos jovens abatidos em diferentes períodos de confinamento. In: III Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes. Brasil. 3 p.

- Andrighetto, C. 2007. Características cualitativas da carne de bubalinos Murrah castrados e abatidos em diferentes períodos de confinamento. Tese apresentada como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Zootecnia Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Brasil. 89 p.
- Andrighetto, C; Jorge, A.M; Roça, R.O; Rodrigues, E; Bianchini, W; Francisco, C.L. 2008. Características físico-químicas e sensoriais da carne de bubalinos Murrah abatidos em diferentes períodos de confinamento. Revista Brasileira de Zootecnia. 37(12):2179-2184.
- Anjaneyulu, A.S.R; Thomas, R; Kondaiah, N. 2007. Technologies for value added buffalo meat products-a review. Am. J. Food Technol. 2(3):104-114.
- Anjaneyulu, A.S.R; Senger, S.S; Lakshmanan, V; Joshi, D.C. 1985. Meat quality of male buffalo calves maintained on different levels of protein. Buffalo Bulletin. 4:45-50.
- A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemistry). 2006. Official methods of analysis. 18^a ed. Revisión 1. Association of Analytical Chemistry. Washington D.C. (Chapter 39). 2100 p.
- Appa, V.R; Thulasi, G; Wilfred, S.R. 2009. Meat quality characteristics of non-descript buffalo as affected by age and sex. World Appl. Sci. J. 6(8):1058-1065.
- Arenas de Moreno, L; Huerta, N; Rodríguez, M; Rincón, G. 2001. Mineral content of Longissimus muscle from buffaloes and zebu-type cattle at four comparative ages. *In*: VI World Buffalo Congress. Section Meat Science and Technology. Colombia. p. 5-10.

- Ávila, H. 2007. Factores asociados a la calidad: buscando el punto óptimo. Brangus. (En línea). Consultado: 25 agosto 2009. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar>.
- Basso, L; Picallo, A; Coste, B; Pereyra, A.M; Cossu, M.E. 2009. Evaluación sensorial de la carne porcina: sistemas de producción y castración inmunológica. Veterinaria Cuyana. 4(1):92-98.
- Boleman, S.J; Boleman, S.L; Miller, R.K; Taylor, J.F; Cross, H.R; Wheeler, T.L; Koochmarai, M; Shackelford, S.D; Miller, M.F; West, R.L; Johnson, D.D; Savell, J.W. 1997. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. J. Anim. Sci. 75:15211524.
- Borghese, A; Terzano, G.M; Mazzi, M; Razzano, M; Sabia, E; Pacelli, C. 2010. Fattening of buffalo young bulls with different diets. *In*: IX World Buffalo Congress, Meat Production. Argentina. p. 511-516.
- Cabral, O. 2005. Características da carcaça , dos cortes comerciais da carne de bovinos sindi e bubalinos Mediterraneo terminados em confinamento. Dissertação Mestrado em Ciências em Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil.44 p.
- Cadoppi, C.A: 2004. Adaptación del búfalo de agua en el Delta del Paraná. *In*: II Simposio de Búfalos de las Américas. Corrientes, Argentina. 17 p.
- Calixto, M.G. 2004. Composição da carcaça e crescimento corporal de bubalinos jovens terminados em confinamento. Dissertação Mestrado em Zootecnia Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Brasil. 46 p.

- Carvajal, G. 2000. Efecto del grupo racial sobre el rendimiento de la canal, parámetros de valor nutricional y suavidad de la carne de animales *Bos indicus* y *Bos indicus* X *Bos taurus* en un sistema de pastoreo. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 135 p.
- Carvajal, G. 2001. Valor nutricional de la carne de res, cerdo y pollo. CORFOGA (Corporación de Fomento Ganadero). San José, Costa Rica. 55 p.
- Chacón, A. 2004. La suavidad de la carne: implicaciones físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial. Revista Agronomía Mesoamericana. 15(2):225-243.
- Chacón, A. 2005. Efecto de la maduración, cocción y congelamiento sobre la suavidad, rendimiento y carga microbiana del corte de solomo (outside). Agronomía Mesoamericana. 16(2):199-213.
- Cripe, W. 1996. Water buffalo in the Americas. *In*: International Conference on Livestock in the Tropics, Tampa, United States. IFAS-UF (Institute of Food and Agricultural Science-University of Florida). 60-61 p.
- Cruz, V.R; De Andrade, I.F. 2004. Características físico-químicas da carne de bubalinos e de bovinos castrados e inteiros. Revista Brasileira de Zootecnia. 33(6):1839-1849.
- De Franciscis, G; Moran, J.B. 1992. Meat production from river buffaloes. *In*: Buffalo Production (World Animal Science, C6). Tulloh y J.H.G. Holmes (Eds.). Elsevier. Amsterdam. N.M. p. 413-419.

- De Ligouri, A. 2005. Búfalos: produção, qualidade de carcaça e de carne. Alguns aspectos quantitativos, qualitativos e nutricionais para promoção do melhoramento genético. *Revista Brasileira de Produção Animal*. 29:122-134.
- De Oliveira, A.N; Do Prado, R.M; Fugita, C.A; Rotta, P.P; De Souza, N.E; Matsushita, M; Marques, J.A; Do prado, I.N. 2009. Composição química, perfil de ácidos graxos e níveis de CLA no músculo *Longissimus* de bovinos Caracu e Caracu vs. Charolês. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*. 30(3):727-736.
- FAO/OMS (Food and Agriculture Organization of the United Nations/Organización Mundial de la Salud). 1997. *Grasas y aceites en la nutrición humana*. FAO. Roma, Italia. 170 p.
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics). 2009. Dirección de estadística. (en línea). Consultado: 10 agosto 2009. Disponible en: <http://faostat.fao.org>.
- Félix, U.L; Félix, U.D; Rubio, L; Méndez, M; Trujillo, G. 2001. Análisis comparativo de carne y productos cárnicos de cabrito Alpino Francés y Alpino Francés (3/4) con Boer (1/4). *Revista Técnica Pecuaria. México* 39(3):237-244.
- Feoli, C. 2002. Efecto de la edad y el sexo del ganado cebuino de dos zonas del norte de Costa Rica sobre el rendimiento y las características de calidad de la carne. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 81 p.
- Forrest, J.C; Aberle, E.D; Hedrick, H.B; Judge, M.D; Merkel, R.A. 1979. *Fundamentos de ciencia de la carne*. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 363 p.

- Francisco, C.L; Jorge, A.M; Andrighetto, C; Pinheiro, R.S.B; Surge, C.A; Tavares, S.A; Andrade, C.M; Santos-Silva, T.L. 2010. Meat quality form buffaloes finished in feedlot and slaughtered in different weights. *In*: : IX World Buffalo Congress, Meat Production. Argentina. p. 517-519.
- Frazolin,R; Silva, J.L. 2001. Níveis de energia na dieta de bubalinos em crescimento alimentados em confinamento (Características de carcaça). *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. 30(6):1880-1885.
- García, C. 2000. Evaluación química y sensorial de la carne de oveja criolla producida en la región del trópico seco de Costa Rica. Trabajo final de graduación por el grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 43 p.
- García, I. 2010. Bioquímica del músculo. (en línea). Consultado: 20 de noviembre de 2010. Disponible en:
<http://www.angelfire.com/ar/iagg101/docum/durcar.pdf>
- Gazetta, M.C.R.R. 1993. Avaliação da carcaça de búfalos (*Bubalus bubalis*) em crescimento alimentados em confinamento. Dissertação Mestrado em Zootecnia, Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista. Brasil. 82 p.
- Gebhardt, S.E; Thomas, R.G. 2002. Nutritive value of foods. USDA (United States Department of Agriculture), Agriculture Research Service. Home and Garden Bulletin n° 72, United States. 103 p.
- Hoffman, K. 1993. Quality concepts for meat and meat products. *Fleischwirtsch*. 73(9): 1014-1019.
- Hollander, R. 1998. Introduction to sensory evaluation manual. The Pennsylvania State University. Pennsylvania, U.S.A. p. 1-54.

- Huerta-Leidenz, N; Cross, H; Savell, J; Lunt, D; Baker, J; Pelton, L; Smith, S. 1993. Comparison of the fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue from mature Brahman and Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 71:625-630.
- Huerta-Leidenz, N; Rodríguez, R; Vidal-Ojeda, A; Vidal-Quintero, A; Jerez-Timaure, N. 1997. Características cárnicas de búfalos de agua vs. Vacunos acebuados. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5(1):574-576.
- Huerta-Leidenz, N. 1998. Caracterización del valor nutritivo de la carne bovina en Venezuela. *In: XIV Cursillo sobre bovinos de carne Universidad Central de Venezuela.* Maracay, Venezuela. p. 49-66.
- Huerta-Leidenz, N; Rodas-González, A. 1999. Comparación de la calidad de la carne entre búfalos y vacunos acebuados. *In: XV Cursillo sobre bovinos de carne.* Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. p. 115-134.
- Huerta-Leidenz, N; Rodas-González, A; Huerta-Sánchez, D; Colina, O. 2001. Evaluación por consumidores zulianos de bistés de solomo derivados de vacunos acebuados y búfalos domésticos. *In: VI World Buffalo Congress,* Maracaibo, Venezuela. p. 59-64.
- Huerta-Leidenz, N. 2002. Caracterización del ganado y carne bovina como base científica de la clasificación de las canales en el trópico americano. *In: XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal.* Valera, Venezuela. p. 1-18.
- I.M.N. (Instituto Metereológico Nacional). 2008. Condiciones climáticas del cantón de Uplala. (en línea). Consultado: 25 agosto 2010. Disponible en: <http://www.imn.ac.cr/IMN/MainAdmin.aspx?EVENTTARGET=ClimaCiudad&CIUDAD=1>.

- Infascelli, F. 2004. Buffalo nutrition and meat quality. *In: Il Simposio de Búfalos de las Américas*. Corrientes, Argentina. 11 p.
- Infascelli, F; Gigli, S; Campanile, G. 2004. Buffalo meat production: performance *infra vitam* and quality of meat. *Veterinary Research Communications*. 28:143-148.
- Intrieri, F; Zicarelli, L; Di Lella, T; Rinaldi, G. 1972. Su alcune caratteristiche chimiche, fisiche e chimico-fisiche del muscolo *Longissimus dorsi* di vitellone bufalino. *Acta Médica Veterinaria*. 18(1):77-87.
- Jaturasitha, S; Petra, C; Na-Chiangmai, A; Sanghuayprai, N; Gauly, M. 2007. Meat characteristics of buffaloes fed with different roughage:concentrate ratios. *Ital. J. Anim. Sci.* 6(2):1178-1181.
- Jorge, A.M; Fontes, C.A.A. 1997. Feedlot performance of buffalo and cattle bulls, slaughtered at two stages of maturity. *In: V World Buffalo Congress*. Caserta, Italy. p. 428-432.
- Jorge, A.M; Mattos, J.C.A; Nogueira, J.R. 1997. Rendimentos de cortes comerciais da carcaça de bubalinos e bovinos terminados em confinamento. *In: XXXIV Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia*. Brasil. p. 323-325.
- Jorge, A.M. 1999. Desempenho em confinamento e características de carcaça em bubalinos. *In: I Simpósio Paulista de bubalinocultura*. Joboticabal, Brasil. 21p.
- Jorge, A.M. 2001. Produção e qualidade da carne bubalina. *In: II Simpósio Paulista de Bobalinocultura*. Pirassununga, Brasil. 26 p.

- Jorge, A.M. 2004a. Programa de qualidade na produção de carne de búfalos. *In: I Simpósio do Núcleo de Estudos em Bovinocultura*. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil. 23 p.
- Jorge, A.M. 2004b. Produção de carne bubalina. *In: II Simposio de Búfalos de las Américas*. Corrientes, Argentina. 26 p.
- Jorge, A.M. 2005. Produção e qualidade da carne bubalina. SEAB (Secretaria de Agricultura e do Abastecimento do Paraná, Brasil. 58 p.
- Kandeepan, G; Biswas, S; Rajkumar, R.S. 2009. Buffalo as a potential food animal. *Int. J. Livest. Prod.* 1(1):001-005.
- Larzul, C; Lefaucheur, L; Ecolan, P; Gogue, J; Talmant, A; Sellier, P; Le Roy, P; Monin, G. 1997. Phenotypic and genetic parameters for longissimus muscle fiber characteristics in relation to growth, carcass, and meat quality traits in large white pigs. *J. Anim. Sci.* 75:3126-3137.
- Lawrie, R.A. 1977. *Ciencia de la carne*. Editorial Acribia. Zaragoza España. 109 p.
- Leach, L.M; Ellis, M; Sutton, D.S; McKeith, F.K; Wilson, E.R. 1996. The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of halothane carrier and negative pigs. *J. Anim. Sci.* 74:934-943.
- Madrugá, M.S; Costa, R.G; Silva, A.M; Marques, A.V.M.S; Cavalcanti, R.N; Narain, N; Albuquerque, C.L.C; Lira Filho, G.E. 2008. Effect of silk flower hay (*Calotropis procera* Sw) feeding on the physical and chemical quality of *Longissimus dorsi* muscle of Santa Inez lambs. *Meat Science.* 78:469-474.

- Marino, R; Albenzio, M; Girolami, A; Muscio, A; Sevi, A; Braghieri, A. 2006. Effect of forage to concentrate ratio on growth performance, and on carcass and meat quality of Podolian young bulls. *Meat Science*. 72:415-424.
- Mason, R; Nottingham, S. 2002. Food 3007 and food 7012 sensory evaluation manual. University of Queensland. Australia. 102p.
- Massa, A.E. 2006. Cambios bioquímicos *post-mortem* em músculo de diferentes espécies pesqueras. Determinación de la vida útil de las mismas en frío. Tesis para optar por el título de Doctor en ciencias, área de biología. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. 219p.
- McBee, J.L; Wiles, J.A. 1967. Influence of marbling and carcass grade on the physical and chemical characteristics of beef. *J. Anim. Sci.* 26:701-704.
- Menegucci, P.F.N.B. 2005. Rendimentos de carcaça e de cortes comerciais de bubalinos Murrah castrados abatidos com diferentes períodos de confinamento. Dissertação Mestrado em Zootecnia, Botocatu, Universidade Estadual Paulista. Brasil. 40 p.
- Merle, S; Sencleer, J; Rodas-González, A; González, J; Mansutti, D; Huerta-Leidenz, N. 2004. Comparación de machos enteros búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) vs vacunos acebuados en características al sacrificio, de la canal, rendimiento carnicero y palatabilidad del *longissimus*. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 12(3): 112-120.
- Metcalfe, L.D; Wang, C.N. 1981. Rapid preparation of fatty acid methyl esters using organic base catalysed transterification. *J. Chrom. Sci.* 19: 530-535.
- Moran, J.B. 1992. Growth and development of buffaloes. N.M. Tulloh y J.H.G. Holmes (Eds.). *Elsivier*. Amsterdam. p. 191-221.

- Nascimento, C.N; Carvalho, L.O; Barbosa, W.C. 1993. Valor nutritivo da carne de búfalos Murrah. Belém: EMBRAPA-CPATU. Boletim de pesquisa (142). Amazônia Oriental, Brasil. 17 p.
- Nishimura, T; Hattori, A; Takahashi, K. 1999. Structural changes in intramuscular connective tissue during the fattening of japanese black cattle: effect of marbling on beef tenderization. J. Anim. Sci. 77:93-104.
- Osório, J.C; Oliveira, N.M; Osório, M.T; Pimentel, M; Pouey, J.L. 2000. Efecto de la edad al sacrificio sobre la producción de la carne en corderos no castrados y de cuatro razas. Rev. Bras. de Agrociência. 6(2):161-166.
- Paiva, R. 2005. Comparación económica entre el vacuno y el búfalo, en sistemas doble propósito, en el sur del lago de Maracaibo. *In*: IX Seminario de Pastos y Forrajes. Guanare, Venezuela. p. 208-213.
- Pardi, M.C; Santos, I.F; Souza, E.R; Pardi, H.S. 2001. Ciência, higiene e tecnologia da carne. 2.ed. Goiânia: Centro Editorial y Gráfico de la Universidade de Goiás. vol 1. 623 p.
- Pasha, T.N; Iqbal, S. 2008. Meat production potencial and carcass composition of male buffalo calves. *In*: IV Simposio Búfalos de las Américas y III Simposio Búfalos de Europa y las Américas. Mérida, Venezuela. 14 p.
- Peleari, M.A; Camisasca, S; Beretta, G; Renon, P; Tessuto, L; Benedetti, G; Bertolo, G. 1997. Comparison of the physico-chemical characteristics of buffalo meat and bovine meat. Fleischwirtschaft International. 6:11-13.
- Price, J.F. 1994. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. 2^{da} ed. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 592p.

- Quirós, E. 2006. Atributos de la carne bovina producida en Costa Rica, e identificación de necesidades de investigación. *In: Memoria del I Congreso Ganadero Nacional Productividad y Complejidad: un Reto Ganadero*. Costa Rica. CORFOGA. 35 p.
- Ramírez, J.A. 2004. Características bioquímicas del músculo, calidad de la carne y de la grasa de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento. Tesis Doctoral, Facultad de Veterinaria, Unitat de Qualitat de la Canal i de la Carn, Ballaterra, Barcelona, España. 180 p.
- Rébak, G; Sánchez, S; Capellari, A; Cedres, J; Patiño, E. 2010. Characterization of buffalo meat in Corrientes, Argentina. *In: IX World Buffalo Congress, Meat Production*. Argentina. p. 494-496.
- Rodas-González, A; Huerta-Leidenz, N; Rodríguez, R. 1999. Comparación de rendimiento en carnes entre búfalos y vacunos acebuados. *In: XV Cursillo sobre bovinos de carne*. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. p. 97-114.
- Rodas-González, A; Huerta-Leidenz, N; Vidal, A; Colina, O; Rodríguez, R. 2001. Comparación de búfalos vs. vacunos acebuados en características al sacrificio a edades contemporáneas. *In: VI World Buffalo Congress. Section Meat Science and Technology*. Colombia. p. 70-75.
- Rosales, R.R; WingChing-Jones, R. 2006. Desarrollo de hatos de búfalos de agua sostenibles para la producción de carne, leche y sus derivados en la provincia de Limón. Proyecto JAPDEVA, Informe Final. Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica. 80 p.
- Rosales, R.R. 2008. Informe parcial del proyecto de investigación "Determinación de los parámetros productivos del búfalo de agua (*bubalus bulalis*)

bufalypso) en Costa Rica” (739-A7-082). San José, C.R., Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica. 12 p.

Roça, R.O. 2000 Tecnología da carne e produtos derivados. Campus Botucatu: Facultad de Ciencias Agronómicas: UNESP. Sao Paulo, Brasil. 202 p.

Santrich, D. 2006. Evaluación de la calidad y composición química de la carne de res proveniente de animales de dos grupos de edad en Puerto Rico. Tesis para optar por el título de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Puerto Rico. Mayagüez, Puerto Rico. 78 p.

Sañudo, C; Alberti, P; Campo, M.M; Olleta, J.L; Panea, B. 1998. Calidad instrumental de la carne de bovino de siete razas españolas. Arch. Zootec. 48:397-402.

Sañudo, C.A. 2008. Aspectos estratégicos para obtener carne ovina de calidad en el cono sur americano. Universidad Nacional del Centro, Buenos Aires, Argentina. p. 142-152.

Schor, A; Cossu, M.E; Picallo, A; Martínez, J; Grigera, J.J; Colombatto, D. 2008. Nutritional and ealing quality of Argentinean beef: A review. Meat Science. 79:408-422.

Schroeder, J.W; Cramer, D.A; Bowling, R.A; Cook, C.W. 1980. Palatability, Shelflife and chemical differences between forage- and grain-finished beef. J. Anim. Sci. 50:852-559.

Sekhon, K.S; Bawa, A.S. 1996. Effect of muscle-type, stage of maturity and level of nutrition on the quality of meat from male buffalo calves. Food Research International. 29(8):779-783.

- Seuss, I; Honikel, K.O. 1989. Meat tenderness and the factors influencing it during preparation for the table. *Fleischwirtsch.* 69(10): 1564-1567.
- Seuss, I. 1991. Valor nutricional de la carne y productos cárnicos. Consideraciones críticas sobre sus componentes en comparación con otros alimentos. *Fleischwirtschaft.* 1:47-50.
- Seuss, I. 1993. The nutritional importance of animal fatty tissue. *Fleischwirtsch.* 73(7):751-754.
- Teye, G.A; Sunkwa, W.K. 2010. Carcass Characteristics of tropical beef cattle breeds (West African Shorthorn, Sanga and Zebu) in Ghana. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development.* 10(7):2866-2883.
- Torún, B; Menchú, M.T; Elías, L.G. 1996. Recomendaciones dietéticas diarias del INCAP. Edición XLV Aniversario. Guatemala. 137p.
- Uzcátegui, S; Arenas De Moreno, L; Huerta, N; Buscema, I; Valero, K; Romero, S. 2001. Intramuscular content of lipids and fatty acids of grazing buffaloes and Zebu-type cattle and implications for human nutrition. In: VI Congreso Mundial de Búfalos. Section Meat Science Technology. Colombia. p. 83-89.
- Valenzuela, V.C; Letelier, C.M.A; Olivares, G.M; Arredondo, O.M; Pizarro, A.F. 2008. Determinación de hierro, zinc y cobre en carne de bovino. *Revista Chilena de Nutrición.* 35(2):1-10.
- Varela, A; Oliete, B; Moreno,T; Portela, C; Carballo, J.A; Sánchez, L; Monserrat, L. 2003. Calidad de la carne de machos enteros y castrados de raza Rubia Gallega sacrificados con 24 meses. *Archivos de zootecnia.* 52(199):347-358.

Vásquez, R; Díaz, T.E; Pulido, J.I; Tarazona, G; Echeverri, J; Abuabara, Y; Onofre, G; Martínez, R; Plaza, J; Abadía, B; Arreaza, C; Cardozo, J; Ballesteros, H.H; Nivia, A; Rivero, T; Acosta, M. 2002. Producción de carne bovina de alta calidad en Colombia. CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, Colombia. 20 p.

Verma, A.K; Lackshmanan, V; Das, A.K; Mendiratta, S.K; Anjaneyulu, A.S.R. 2008. Physico-chemical and functional quality of buffalo head meat and heart meat. Am. J. Food. Technol. 3(2):134-140.

Voisinet, B.D; Grandin, T; O'Connors, S.F; Tatum, J.D; Struthers, J.J. 1997. Feedlot cattle with calm temperaments have average daily gains than the cattle with excitable temperaments. J. Anim. Sci. 75:892-896.

8. ANEXOS

Anexo 8.1. Escala gráfica para la evaluación sensorial de la carne de búfalas de agua Murrah x Mediterráneo, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010.

Evaluación sensorial de carne

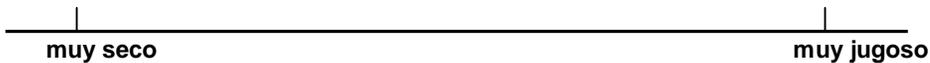
Nombre: _____ **Fecha:** _____ **Serie:** _____

A continuación evalúe **la jugosidad y luego la suavidad** de las muestras, Pruébelas y califíquelas de acuerdo al orden de presentación, si considera necesario puede compararlas entre sí. Marque con una línea vertical sobre la horizontal en el lugar que usted considere apropiado en la escala. Enjuague su boca una vez evaluada cada característica y si así lo desea puede descartar las muestras y enjuagues en los vasitos desechables dispuestos con ese fin, al terminar deposite los desechos en el basurero ubicado a la salida de los cubículos.

. **Muchas gracias !!**

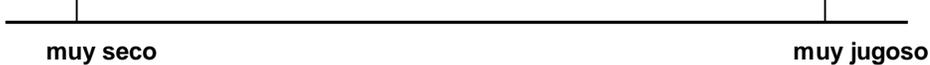
Muestra: _____

Jugosidad



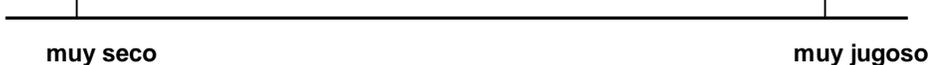
Muestra: _____

Jugosidad



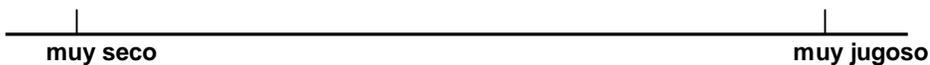
Muestra: _____

Jugosidad

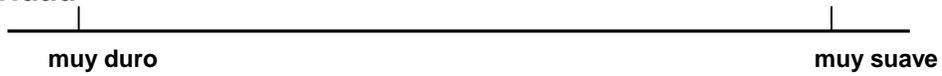


Muestra: _____

Jugosidad



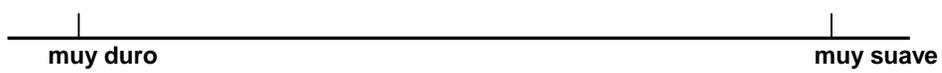
Muestra: _____
Suavidad



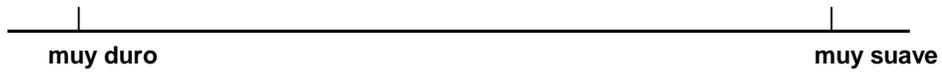
Muestra: _____
Suavidad



Muestra: _____
Suavidad



Muestra: _____
Suavidad



Anexo 8.2. Rendimiento en canal de la carne de búfalas de agua Murrah x Mediterráneo, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010.

# Canal	Peso Pie (kg)	Peso Canal (kg)	Rendimiento (%)
3222	339,00	164,00	48,38
3223	393,50	195,00	49,56
3224	324,50	163,00	50,23
3225	367,50	179,50	48,84
3226	400,50	202,50	50,56
3228	259,50	135,40	52,18
3229	326,50	159,90	48,97
3230	420,50	177,30	42,16
3231	274,00	135,60	49,49
3232	282,00	138,40	49,08
3233	249,00	123,20	49,48
3234	295,50	144,20	48,80
3235	311,50	156,00	50,08
3236	251,00	125,40	49,96
3237	418,00	191,90	45,91

Anexo 8.3. Proporción de ácidos grasos saturados e insaturados de la carne de búfalas de agua Murrah x Mediterráneo, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010.

Muestra	% Ácidos grasos insaturados (±1%)	% Ácidos grasos saturados (±1%)
3222	49	51
3223	50	50
3224	50	50
3225	47	53
3226	51	49
3228	49	51
3232	49	51
3233	49	51
3234	53	47
3226	47	53

Anexo 8.4. Resultados de los análisis químicos de la carne de búfalas de agua Murrah x Mediterráneo, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010.

N° de Muestra	Humedad (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)	Carbohidratos totales (%)	Energía (kJ/100g)	Energía (kcal/100g)	Energía de la grasa (kJ/100g)	Energía de la grasa (kcal/100g)
1	74,7	0,2	1,04	22,6	1,6	411	98	6	1
2	71,5	4,6	1,01	22,6	0,3	557	133	173	41
3	74,4	0,4	1,07	23,1	1,1	419	100	14	3
4	74	2,1	1,03	21,5	1,4	463	110	80	19
5	74,6	0,2	1,06	21,9	2,2	412	98	9	2
6	75	0,9	1,02	22,6	0,6	420	100	32	8
7	74,3	0,2	1,05	22,8	1,6	417	100	7	2
8	75,1	0,2	1,08	22	1,6	402	96	7	2
9	74,5	0,2	1,01	23,1	1,3	414	99	6	1
10	74,2	0,3	1,08	23,1	1,4	422	101	13	3

Anexo 8.5. Resultados de la dureza instrumental de la carne de búfalas de agua Murrah x Mediterráneo, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010.

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
3222	6	3,00	0,78	0,32	2,19	3,82	2,15	4,14
3223	6	4,15	1,57	0,64	2,50	5,79	1,44	6,04
3224	6	3,46	1,85	0,76	1,52	5,40	1,86	7,05
3225	6	4,63	0,69	0,28	3,90	5,36	4,07	5,73
3226	6	4,47	1,46	0,60	2,94	6,00	2,62	6,39
3228	6	2,28	0,63	0,26	1,62	2,95	1,27	2,93
3232	6	2,66	0,85	0,35	1,76	3,55	1,82	3,85
3233	7	3,71	1,32	0,50	2,49	4,92	1,76	5,94
3234	6	4,06	0,80	0,33	3,22	4,91	2,84	4,72
3236	6	1,86	0,90	0,37	0,92	2,80	0,40	2,73
Total	61	3,43	1,40	0,18	3,07	3,79	0,40	7,05

Anexo 8.6. Resultado de la jugosidad y la suavidad sensorial de la carne de búfalas de agua Murrah x Mediterráneo, con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica, 2010.

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Jugosidad								
3222	11	67,18	21,95	6,62	52,44	81,93	24	92
3223	11	33,55	19,58	5,90	20,39	46,70	8	67
3224	11	64,73	22,47	6,78	49,63	79,82	38	97
3225	11	46,82	26,35	7,95	29,11	64,52	21	94
3226	11	51,36	26,25	7,91	33,73	69,00	20	88
3228	11	43,55	25,79	7,78	26,22	60,87	10	89
3232	11	65,09	19,44	5,86	52,03	78,15	21	89
3233	11	51,36	29,22	8,81	31,74	70,99	0	83
3234	11	52,27	24,46	7,37	35,84	68,70	20	84
3236	11	43,27	18,20	5,49	31,05	55,50	21	80
Total	110	51,92	24,92	2,37	47,21	56,63	0	97
Suavidad								
3222	11	71,55	23,05	6,95	56,06	87,03	31	93
3223	11	33,73	18,72	5,65	21,15	46,31	3	69
3224	11	61,18	25,25	7,61	44,22	78,15	22	95
3225	11	40,27	27,52	8,30	21,78	58,76	5	81
3226	11	39,82	20,80	6,27	25,84	53,76	10	77
3228	11	65,82	26,94	8,12	47,72	83,91	21	96
3232	11	68,09	13,48	4,06	59,03	77,15	42	96
3233	11	68,36	22,29	6,72	53,39	83,33	16	95
3234	11	49,91	19,06	5,75	37,10	62,72	19	78
3236	11	39,82	20,07	6,05	26,34	53,30	14	79
Total	110	53,85	25,33	2,41	49,07	58,64	3	96